

笔记本电脑的纸质缓冲包装设计

邢月卿, 陈满儒, 孙德强

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: **目的** 研究瓦楞纸板缓冲材料包装某品牌笔记本电脑的方法。**方法** 利用 Pro/E 软件为电脑机身设计 3 套缓冲衬垫结构, 并进行对比分析, 确定最佳设计, 利用 Ansys 软件对最佳设计缓冲结构包装件的静态压缩、模态、跌落等特性进行仿真测试分析。**结果** 该缓冲结构衬垫吸收了大部分的应力, 模态分析没有发生共振, 包装件的加速度峰值小于笔记本电脑的脆值 60 g。**结论** 只要缓冲结构设计合理且选配材合适, 瓦楞纸板完全能够满足笔记本电脑及类似电子设备的绿色缓冲包装需求。

关键词: 笔记本电脑; 瓦楞纸板; 缓冲包装; 安全性测试分析

中图分类号: TB482.2; TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)09-0061-05

Paper Cushion Packaging Design of Laptop Computer

XING Yue-qing, CHEN Man-ru, SUN De-qiang

(Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: **Objective** To study the packaging method of a type of lap top computers with corrugated fiberboard. **Methods** Three complete sets of cushion structures were designed by Pro/E software. Through comparison and analysis, an optimal design was determined. The optimal design cushion package pieces was tested with static compression, modal and drop features for simulation security analysis via Ansys software. **Results** The buffer pad absorbed most of the structure stress and no resonance occurred by modal analysis. The maximum acceleration of packaging pieces was less than the laptop fragility 60 g. **Conclusion** As long as the cushioning structure design was reasonable and the selected material was suitable, corrugated fiberboard could fully satisfy the environmental cushion packaging requirements of the laptop computers and similar electronic devices.

KEY WORDS: laptop computer; corrugated fiberboard; cushion packaging; security testing analysis

近年来笔记本电脑技术迅速发展,产量不断攀升,从而促进了笔记本电脑缓冲包装技术的改进和发展。过去人们关注的重点在笔记本电脑本身的性能上,但随着环保理念的深入,人们对笔记本电脑的缓冲包装越来越重视,开始追求绿色包装,甚至“零包装”。

传统笔记本电脑包装以发泡塑料衬垫作为缓冲包装,由于其不符合环保要求,在国际贸易中遇到以绿色环保为屏障的“贸易壁垒”^[1]。瓦楞纸板因绿色环保、成型加工性好、良好的冲击和振动能量吸收性、成本低廉等优点,在包装中得到迅速发展和广泛应

用^[2]。由此文中采用瓦楞纸板材料对某品牌笔记本电脑进行了缓冲包装结构设计。

1 瓦楞纸板缓冲衬垫

瓦楞纸板缓冲衬垫是将瓦楞纸板经过模切、压痕工序后,再经折叠、插装、组合、黏结等方法,使其从二维变成三维结构的缓冲包装衬垫。结构分为组合式和一体折叠式 2 种,见图 1。折叠型瓦楞纸板制成的衬垫结构主要包括:护楞衬垫、护角衬垫、护槽衬垫、护板衬垫、双角衬垫、脚槽衬垫和双槽衬垫等^[3]。综

合考虑电脑机身特性和缓冲要求、瓦楞纸板特性及包装成本,采用护楞和护角衬垫结合的局部缓冲包装形式,即2个衬垫体沿电脑机身左右两边和4个角将其卡紧,起到缓冲保护作用^[4]。

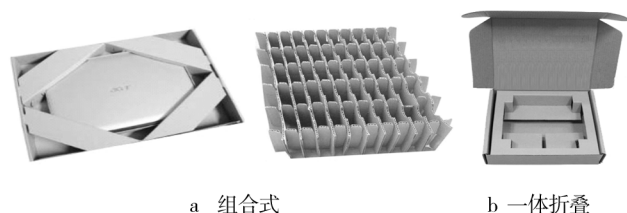


图1 瓦楞纸板缓冲衬垫结构

Fig.1 Configurations of corrugated board cushion

2 设计过程

2.1 设计步骤

瓦楞纸板缓冲包装与泡沫塑料缓冲包装不同,它没有像泡沫塑料设计一样有理论依据(如六步法)可循^[5]。其设计步骤如下所述。

1) 分析产品特性,根据其结构、性能和缓冲要求,结合 Pro/E 软件设计出几种可行的缓冲结构和实体建模。

2) 方案比较,优化选择。选定最优设计,调整和定位尺寸,进一步优化。

3) 配材的选择。根据产品的性能指标和缓冲要求,选择瓦楞纸板的齿形、楞型、里纸、面纸及芯纸,依据配材的边压强度、耐破度或撕裂强度等性能参数进行选择。

4) 安全性测试。利用 Ansys 软件对选定的缓冲结构进行静态压缩、模态、跌落等安全性测试,或者按照结构图纸打样,在实验室里进行实物测试。若安全性测试未通过,则调整结构或配材等重新测试。若测试通过,即可定案。该步一般是依靠测试结果或经验判断^[6]。

2.2 产品特性分析

该型号笔记本电脑的参数:机身质量 $m=2.2\text{ kg}$; 产品长 $L=340\text{ mm}$, 宽 $B=242.6\text{ mm}$, 厚度 $H=33.6\text{ mm}$; 内装物有笔记本电脑机身、说明书、保修卡、驱动光盘、数据线、电源适配器等。笔记本电脑机身作为缓冲衬垫包装的主体,其他部件作为附件,附件的总质量为 1.1 kg 。

笔记本电脑机身主要部件有外壳、液晶屏、硬盘、主板等,易损件为硬盘和液晶屏,其质量分布均匀,重心在其形心位置,故设计结构要求在 L, B 和 H 等3个方向上都要有定位和缓冲。

笔记本电脑属于电子设备,根据该品牌笔记本电脑的型号和性能参数,查询中国机械标准化研究所的产品脆值标准,进行类比,确定其脆值 $G=60\text{ g}$ 。

根据笔记本电脑的质量,查相关标准,确定其在运输过程中的跌落高度 $h=80\text{ cm}$ ^[7]。

2.3 缓冲衬垫承载面积及厚度

由于缓冲衬垫结构为异形缓冲结构,李志强^[8]指出当瓦楞纸板结构设计较复杂时,其缓冲性能接近于 EPS。缓冲系数反应了缓冲衬垫的材质、结构和尺寸,广泛用于局部缓冲结构设计^[9]。由此,瓦楞纸板缓冲衬垫应以复杂纸板结构的缓冲系数-最大静应力曲线为依据,采用最小缓冲系数法进行尺寸设计^[10]。

1) 笔记本电脑机身的重量: $W=21.56\text{ N}$ 。

2) 缓冲衬垫最小承载面积和厚度。由 EPS 的缓冲系数-最大静应力曲线(密度为 0.029 g/cm^3)可知,最小缓冲系数 $C=2.4$,对应的应力 $\sigma_m=0.7\text{ MPa}$,则笔记本电脑机身衬垫最小承载面积 $A=Wh/\sigma_m \times 10^4=24.64\text{ cm}^2$,衬垫厚度 $T=Ch/G=3.20\text{ cm}$ 。

由于瓦楞纸板缓冲衬垫的承载面积、厚度和衬垫具体的结构形式、所选配材的性能有关,由此,在配材选定后可根据具体的结构形式和产品特性调整确定最后的承载面积和厚度^[11]。

3 缓冲衬垫的结构设计

根据以上分析,利用 Pro/E 软件设计出以下3套结构方案,通过分析比较,确定一套最优方案进行后续的安全性测试分析。

3.1 方案1(组合式)

缓冲衬垫(见图2)由 a, b 部件组装而成。部件 a 起支撑作用,部件 b 起缓冲作用,由此其瓦楞方向与部件 a 的瓦楞方向相反,即部件 b 主要靠瓦楞纸板的横向边压支撑。部件 a 的结构是中间用三处折叠复 U 型结构和侧面 U 型结构使其在 L, B, H 等3个方向定位和 B, L 方向缓冲,中间三处折叠 U 型结构起到 H 方向的缓冲作用,中间空出的结构不折叠,加强 H 方

向的定位。部件 b 是在 H 方向上由折叠成长方形和 2 个三角型的结构组成,正方形结构插入衬垫时,一个面起到 B 方向的定位加强作用,将此面设计成 m 型,方便笔记本装入。三角形结构位于产品中,属于较稳定结构,增强了部件 a 的稳定性。通过左右 2 个衬垫的配合,将左右 2 个边和 4 个角卡紧可实现前后上下 4 个方向的定位与缓冲。附件盒盛装附件的同时和外箱配合,可以对电脑机身包装件的 6 个方向定位,增加缓冲衬垫的缓冲面积和缓冲厚度,使瓦楞纸板结构组合衬垫的缓冲保护性能更佳。

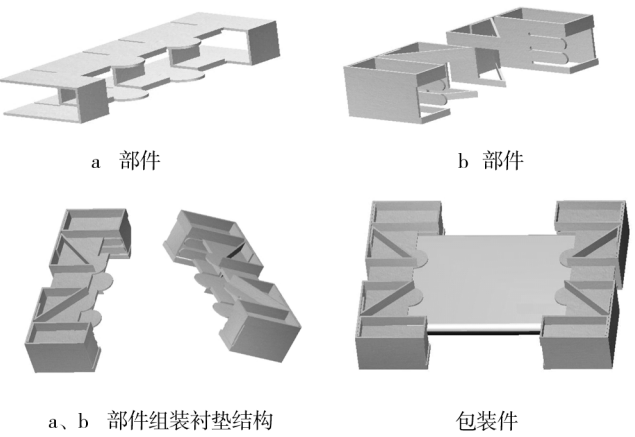


图 2 方案 1 缓冲衬垫结构
Fig. 2 The first scheme of cushion structure

3.2 方案 2(组合式)

缓冲衬垫(见图 3)由部件 a,b 和 c 组装而成。部件 a 的 H 方向由原有的 U 型改成近 M 型,可以对 L,H 方向定位和缓冲,还可以为 L 方向机身装入留有余量。部件 b 和部件 c 起到加强 H 方向定位和缓冲

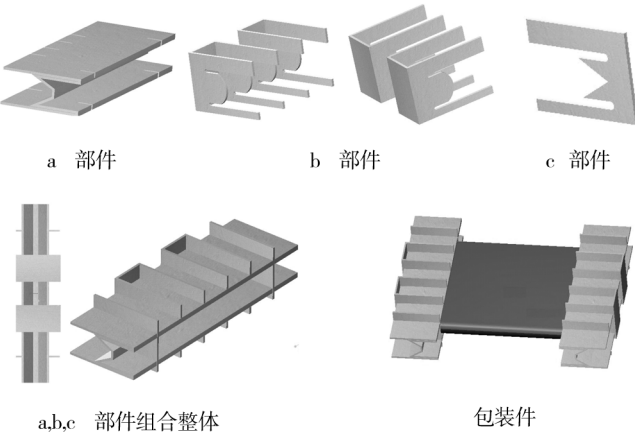


图 3 方案 2 缓冲衬垫结构
Fig. 3 The second scheme of cushion structure

作用。部件 b 可以固定 M 结构,其固定部位是 U 型,给 M 型留有一定活动空间,便于尺寸调节。部件 c 和部件 a 相互吻合,起到固定 M 结构和 B 方向定位的作用。

3.3 方案 3(一体折叠式)

衬垫整体结构见图 4,由 1 张瓦楞纸板折叠而成。衬垫由 0947 型瓦楞衬垫改装而成,0947 型瓦楞衬垫提供了 L,H 方向上的定位, H 方向上的缓冲,改装后增加了 B 方向的定位和 L,B 方向的缓冲。首先加长了 L 方向上 2 个回旋折叠结构,使之在 L 方向具有缓冲作用。其次在 B 方向,衬垫两边增加 2 个回旋折叠结构,达到 B 方向的定位及缓冲。0947 型为对称结构,由于笔记本包装箱内需要装有附件的内附盒,可以达到一些缓冲效果,所以位于内附箱面的尺寸可酌情减小。

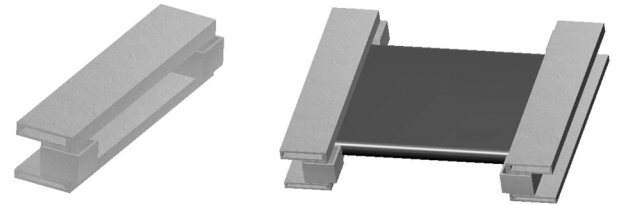


图 4 方案 3 衬垫结构
Fig. 4 The third scheme of cushion structure

3.4 方案选择

从结构上分析,对于笔记本电脑来说,其质量较轻,3 种方案均采用局部缓冲就可以保证其安全。方案 1 因为有稳定的三角形支撑,结构的缓冲性能最好,且结构简单美观。从工艺上考虑尽量选择组合式瓦楞纸板缓冲衬垫。方案 1 和方案 2 均为组合式缓冲包装,方便进行尺寸设计、生产加工,但是需要进行折叠组装。方案 3 为一体折叠式,虽无需组装,但在尺寸设计和三维建模时较麻烦,尺寸精度不高。从成本上分析,3 个方案所需要的原料,经过估算相差不多,而且每个方案都有优化余地。

综上所述,从结构、工艺、成本,尤其是缓冲性能上考虑,最终选择方案 1。

3.5 瓦楞纸板的配材

常用的瓦楞纸板有 A,C,B,E 及 BC 型,根据产品规格及实际经验判定,采用抗压强度高、弹性好的 UV 齿形 B 型瓦楞纸板,常用瓦楞纸板配材见表 1。

表 1 纸板配材及性能参数^[12]

Tab.1 Performance parameters of different paper combinations

编号	里纸 /(g·m ⁻²)	芯纸 /(g·m ⁻²)	面纸 /(g·m ⁻²)	耐破度 /kPa	纵向边压 /(N·m ⁻¹)
1	175	135	175	1024	4580
2	300	200	300	1953	10440
3	250	200	250	1780	8810

彭国勋等人^[13]根据动量定理判定它在跌落一刹那产生的力为 $m\bar{u}-m\bar{v}=\int_0^{\tau}\bar{F}dt$,平均冲击力为 $F=\frac{1}{\tau}\cdot(m\bar{u}-m\bar{v})$ 。其中, $\bar{v},\bar{u}$ 分别为冲击开始和结束时的速度; τ 为冲击作用时间; $\bar{F}$ 为冲击力。跌落测试冲击力峰值远大于其平均值。如果冲击力峰值过高,产品会遭到破坏,所以以冲击力的峰值来进行计算。跌落测试加速度脉冲的持续时间一般为 30 ms,此处以实际钟型冲击脉冲半正弦波形来考虑,则 $F(t)=F_m\sin\frac{\pi}{\tau}t$,根据动量定理,最大冲击力为 $F_m=\frac{\pi mv}{2\tau}$,又因为 $v=\sqrt{2gh}$,可得最大冲力 $F_m=455.2\text{ N}$,加速度的峰值为 $21.11\text{ g}<G=60\text{ g}$ ^[14]。

为了提高所设计结构的安全性并考虑温度、湿度等对瓦楞纸板抗压强度的影响,使其在流通过程中所经受的最大加速度值不超过它本身的脆值^[15],以产品的脆值作为峰值加速度来计算最大冲击力: $F=mG=1293.6\text{ N}$ 。据此计算得出,用表 1 中第 1 种配材,最少需要长度为 28.2 cm 的纸板支架(方案 1 中 a 部件的长度),用第 2 种配材最少要长度为 12.4 cm 的纸板支架,用第 3 种配材需要长度为 14.7 cm 的支架,参照笔记本电脑的尺寸和质量参数,选用第 1 种配材即可满足要求^[16]。

3.6 衬垫结构的安全性分析

利用 Ansys 软件进行选定衬垫的安全性仿真分析。静态压缩仿真与模态(振动特性)仿真分析使用 WORKBENCH 模块,跌落分析使用 Ansys/LS-DYNA 模块^[17]。由图 5b 加衬垫(上)和不加衬垫(下)的等效应力云图对比可知,不加衬垫时电脑机身受到的最大应力为 6687 Pa,最小应力为 2137 Pa。加上衬垫后,衬垫受到的最大应力为 305 680 Pa,所受应力多

数分布在 6369 Pa 以下,配材的耐破强度为 1 024 000 Pa,衬垫完全可以承受所受的应力。电脑机身所受应力多数分布在 2152 Pa 以下,大部分应力较小且都被缓冲衬垫所吸收,缓冲效果明显。

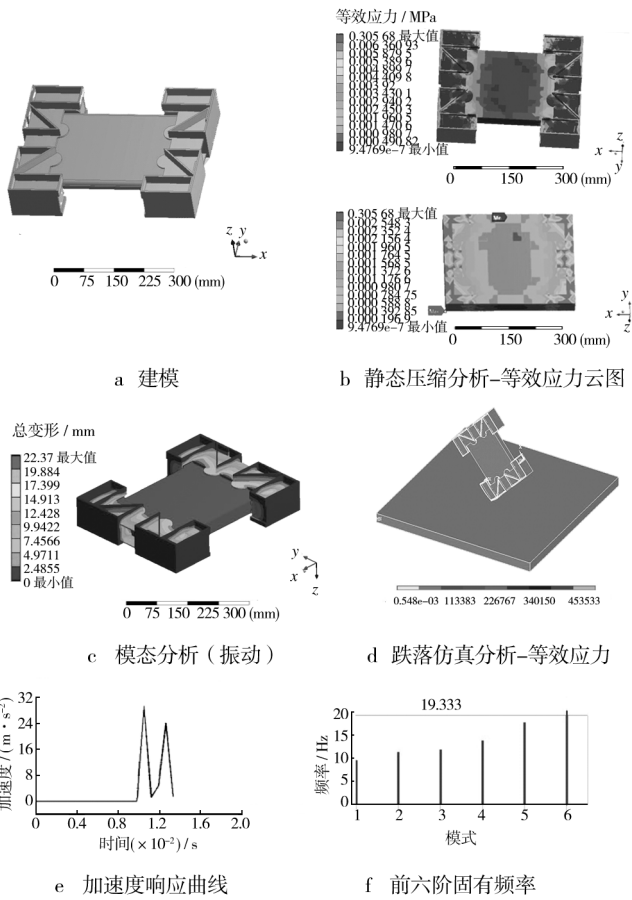


图 5 缓冲衬垫的安全性测试和分析

Fig.5 Safety analysis and test of cushioned package

模态分析用于确定设计结构的振动特性(固有频率和振型),它们是承受动载荷结构设计中的重要参数,同时,也是瞬态分析、谐响应分析、谱分析的基础。模态分析是一种线性分析,任何非线性均被忽略。对电脑以及衬垫进行模态分析,材料属性及网格划分等操作同静态分析一致。如图 5c,f 对 x,y,z 等 3 个方向平动和转动进行六阶模态分析,可以得出其六阶最大固有频率,且没有共振发生。图 5d 和 e 是模拟跌落过程的等效应力云图和加速度曲线图,可以看出包装件的加速度峰值约为 28 g,比产品的脆值 60 g 小很多,满足要求^[18]。通过以上测试分析,证明该衬垫结构设计合理,缓冲作用明显。也可利用打样机打样得到包装样品,在振动台、冲击试验机和跌落试验机上进行安全性测试。

3.7 附件包装盒设计

根据附件的大小和衬垫尺寸,用B型瓦楞纸板做0212型包装纸盒,制造尺寸为300 mm×100 mm×60 mm,尺寸控制到刚好与外箱、缓冲结构衬垫完美配合。

4 结语

瓦楞纸板缓冲结构衬垫通过仿真和实物相结合的安全性测试分析,能够完全满足笔记本电脑的缓冲要求,且相比泡沫塑料缓冲衬垫易加工成型且成本低廉,代表了未来绿色包装的发展方向。通过该实例证明,只要瓦楞纸板的缓冲结构设计合理,且所选配材合适,完全能够满足笔记本电脑及类似电子设备的绿色缓冲包装要求。随着瓦楞纸板缓冲包装理论的建立和完善,瓦楞纸板缓冲材料将会在未来的包装市场发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] 王建清. 包装材料学[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2011.
WANG Jian-qing. Packaging Material[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011.
- [2] 刘乘,吴莎. 测试缓冲材料性能的方法及其分析[J]. 包装工程, 2011, 32(13): 25—27.
LIU Cheng, WU Sha. Cushioning Material Properties Testing Methods and Analysis[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(13): 25—27.
- [3] 彭国勋. 瓦楞包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社, 2007.
PENG Guo-xun. Corrugated Packing Design[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2007.
- [4] MICHAEL A S, KIRKPALRICK J. Prediction of the Cushioning Properties of Corrugated Fiberboard from Static and Quasi Dynamic Compression Data[J]. Packaging Technology and Science, 1997(110): 87—94.
- [5] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京:印刷工业出版社, 2012.
PENG Guo-xun. Logistics Transportation Packaging Design[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2012.
- [6] BIANEOLINI M E, BRUTTI C. Numerical and Experimental Investigation of the Strength of corrugated Board Packages[J]. Packaging Technology and Science, 2003, 16(2): 47—60.
- [7] 孙诚. 包装结构设计[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2010.
SUN Cheng. The Packaging Structure Design[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2010.
- [8] 李志强,刘乘,李国志. 液晶电视的瓦楞纸板缓冲结构设计[J]. 包装工程, 2007, 28(11): 103—104.
LI Zhi-qiang, LIU Cheng, LI Guo-zhi. Corrugated Board Cushion Structure Design for LCD TV[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(11): 103—104.
- [9] BELDIE L, SANDBERG G, SANDBERG L. Paperboard Packages Exposed to Static Loads: Finite Element Modeling and Experiment[J]. Packaging Technology and Science, 2001, 14(4): 171—178.
- [10] 刘乘,任亚东. 几种常用缓冲材料的性能研究[J]. 包装工程, 2010, 31(7): 117—119.
LIU Cheng, REN Ya-dong. Research on Properties of Several Cushion Materials[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(7): 117—119.
- [11] HAHN E K, RUVO A D, WESTERLIND B S, et al. Compressive Strength of Edge Loaded Corrugated Board Panels[J]. Experimental Mechanics, 1992, 32(3): 259—265.
- [12] WIQC 052—2006, 原纸检验标准(厦门合兴包装印刷股份有限公司企标)[S].
WIQC 052—2006, Base Paper Inspection Standard (The Enterprise Standard of Xiamen Hexing Packaging and Printing Incorporated Company)[S].
- [13] 彭国勋,张波涛. 液晶电视全瓦楞纸板缓冲包装设计[J]. 包装工程, 2007, 28(7): 19—21.
PENG Guo-xun, ZHANG Bo-tao. LCD TV's Cushioning Structure Design with Corrugated Board[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(7): 19—21.
- [14] HAHN E K, CARLSSON L A, WESTERLIND B S. Edge Compression Fixture for Buckling Studies of Corrugated Board Panels[J]. Experimental Mechanics, 1992, 32(3): 252—258.
- [15] 刘乘,吴莎. 测试缓冲材料性能的方法及其分析[J]. 包装工程, 2011, 32(13): 25—27.
LIU Cheng, WU Sha. Cushioning Material Properties Testing Methods and Analysis[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(13): 25—27.
- [16] 奚德昌,高德. 缓冲包装材料的本构建模研究进展[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 1—4.
XI De-chang, GAO De. The Review on Constitutive Modeling of Cushion Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 1—4.

参考文献:

- [1] 杨绮云,李为涛. 贴标机供标机构的动力学分析及控制系统设计[J]. 包装工程,2006,27(5):45—47.
YANG Qi-yun, LI Wei-tao. Dynamical Analysis and the Design of Control System of the Paper Deliver Mechanism of the Label Machine[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(5):45—47.
 - [2] 杨绮云,孟爽,卜迟武,等. 方瓶三面贴标过程运动轨迹的仿真研究[J]. 包装工程,2012,33(9):7—10.
YANG Qi-yun, MENG Shuang, BU Chi-wu, et al. Study on Movement Tracks Simulation of Three Sides Labeling Mechanism for Rectangular Bottle[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(9):7—10.
 - [3] AHMED P, GOYAL P, NARAYANAN T S, et al. Linear Time Algorithms for an Image Labeling Machine[J]. Pattern Recognition Letters, 1988, 7(5):273—278.
 - [4] 呼英俊,王开和,苗德华,等. 小型异型瓶不干胶自动贴标机研制[J]. 包装与食品机械,2002,23(1):4—6.
HU Ying-jun, WANG Kai-he, MIAO De-hua, et al. Investigate the Automatic Gluing Label Machine of Small Abnormality Bottle[J]. Packaging and Food Machinery, 2002, 23(1):4—6.
 - [5] 贺兵,刘扬. 模块化设计在包装机械设计中的应用[J]. 包装工程,2008,29(10):140—142.
HE Bing, LIU Yang. Application of Modular Design in Packaging Machinery Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(10):140—142.
 - [6] 陈立定,谢青延,梁联冠. 瓶装自动贴标机的研制[J]. 食品工业科技,2009,30(12):303—305.
CHEN Li-ding, XIE Qing-yan, LIANG Lian-guan. Manufacture of Automatic Bottled Labeling Machine[J]. Science and Technology of Food Industry, 2009, 30(12):303—305.
 - [7] 贺勇. 条码打印机的选择[J]. 中国物流与采购,2013(12):46—47.
HE Yong. The Choice of Barcode Printer[J]. China Logistics & Purchasing, 2013(12):46—47.
 - [8] 吉林大学. 一种试管贴标机:中国,2013103786488[P]. 2013—08—28.
Jilin University. One Kind of Tube Labeling Machine: China, 2013103786488[P]. 2013—08—28.
 - [9] 凌桂龙,丁金滨,温正. ANSYS Workbench 13.0 从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社,2012.
LING Gui-long, DING Jin-bin, WEN Zheng. ANSYS Workbench 13.0 from Entry to the Master[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2012.
 - [10] LI Yang, WANG Cai-li, WANG Rong-shun. The Thermal Stress Analysis and Structure Optimum of Neck Tube with Vertical Cryogenic Insulated Cylinders Based on ANSYS[J]. Nuclear Engineering and Design, 2012(252):144—152.
 - [11] ENCHEVAA A, VAYAKISB G, KARPUSHOV A. Design Optimization of the ITER Divertor Magnetic Probes Using FEM Analyses[J]. Fusion Engineering and Design, 2010, 85(1):18—23.
 - [12] SHAIKHA M S, PATHAK H A, OLIVER T. Structural Finite Element Analysis of ITER In-wall Shield[J]. Fusion Engineering and Design, 2013, 88(9/10):2105—2109.
 - [13] 胡名玺,高万玉,杜振杰,等. 基于 ANSYS 的悬挂式缓冲包装结构设计研究[J]. 包装工程,2005,26(5):138—140.
HU Ming-xi, GAO Wan-yu, DU Zhen-jie, et al. Suspending Cushion Packaging Structural Design Based on ANSYS[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(5):138—140.
 - [14] CHEN Yan-hong, ZHU Feng. The Finite Element Analysis and the Optimization Design of the Yj3128-type Dump Truck's Sub-frames Based on ANSYS[J]. Procedia Earth and Planetary Science, 2011, 2:133—138.
 - [15] 阿伦,呼斯勒,田野,等. 基于 ANSYS 的植物纤维餐饮具静态力学特性的仿真实验[J]. 包装工程,2011,32(3):33—35.
A Lun, HU Si-le, TIAN Ye, et al. Simulation Experiment of Static Mechanical Properties of Tableware Processed with Plant Fiber Based on ANSYS[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(3):33—35.
-
- (上接第 65 页)
- [17] 舒童,王坤,王钊,等. 全瓦楞纸板缓冲包装衬垫的仿真试验[J]. 包装工程,2008,29(6):33—34.
SHU Tong, WANG Kun, WANG Zhao, et al. Simulation Test of All Corrugated Paperboard Cushion Packaging[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(6):33—34.
 - [18] 宋日恒,张治国. 基于 ANSYS 的笔记本电脑包装件跌落仿

真研究[J]. 浙江科技学院学报,2009,21(4):332—335.
SONG Ri-heng, ZHANG Zhi-guo. Simulation on Laptop Package Dropping by Using ANSYS Software[J]. Journal of Zhejiang Institute of Science and Technology, 2009, 21(4): 332—335.